



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Oliver RAYSSAC

Confirmation No. 6283

Application No: 10/695,938

Group Art Unit: 2812

Filing Date: October 30, 2003

Examiner:

For: METHOD FOR TREATING A  
SEMICONDUCTOR MATERIAL FOR  
SUBSEQUENT BONDING

Atty. Docket No.: 4717-7900

**SUBMISSION OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicant have claimed priority under 35 U.S.C. § 119 of Application No. FR0213582 filed October 30, 2002 in France. In support of this claim, a certified copy of said application is submitted herewith.

No fee or certification is believed to be due for this submission. Should any fees be required, however, please charge such fees to Winston & Strawn LLP Deposit Account No. 50-1814.

Respectfully submitted,

Date: \_\_\_\_\_

2/11/04

Allan A. Fanucci (Reg. No. 30,256)

**WINSTON & STRAWN**  
**CUSTOMER NO. 28765**  
(212) 294-3311

Enclosures

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 31 OCT. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI


  
N° 11354\*03

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>30 OCT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0213582</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>30 OCT. 2002</b> PAR L'INPI		<input checked="" type="checkbox"/> <b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet REGIMBEAU 20, rue de Chazelles 75847 PARIS CEDEX 17 FRANCE	
<b>Vos références pour ce dossier</b> <i>(facultatif)</i> 239602 D19986 JC			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>			
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>			
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>			
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____			
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/>		N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE DE FABRICATION DE SUBSTRATS DEMONTABLES			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b>	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES SOCIETE ANONYME 384711909 Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN	
Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays Nationalité N° de téléphone <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		FRANCE Française N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	
		<input type="checkbox"/> <b>S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b>	

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

**BR2**



Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE **30 OCT 2002**

LIEU **75 INPI PARIS**

N° D'ENREGISTREMENT **0213582**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

CB 5-40 W / 210592

<b>6 MANDATAIRE</b> <i>(facultatif)</i>		239602 JC
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		Cabinet REGIMBEAU
Adresse	Rue	20, rue de Chazelles
	Code postal et ville	
Pays		75847 PARIS CEDEX 17
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 44 29 35 00
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 44 29 35 99
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		info@regimbeau.fr
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence)</i> : AG <input type="text"/>
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  M. ROCHET

La présente invention concerne de manière générale le traitement des matériaux, et plus particulièrement de substrats pour l'électronique, l'optique ou l'optoélectronique.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé de fabrication de substrats démontables, ledit procédé comprenant un traitement d'ajustement de l'état de surface d'au moins une de deux couches de matériau, suivi du collage réversible des surfaces des deux couches pour constituer le substrat démontable.

On connaît déjà des procédés du type mentionné ci-dessus.

Ces procédés permettent de réaliser à partir de deux couches de matériau – par exemple des matériaux semiconducteurs tels que le silicium – des substrats dits « démontables ».

Par substrat « démontable » on entend un substrat comportant deux couches qui ont été collées ensemble, ce collage étant réversible de sorte qu'il est possible de séparer les deux couches au niveau de leur interface de collage.

Les substrats démontables comprennent ainsi deux couches solidarisées par une interface de collage dans laquelle l'énergie de cohésion entre les deux couches est contrôlée de manière à :

- Etre assez importante pour garantir une bonne cohésion des deux couches formant le substrat démontable, même lorsque ce substrat subit des traitements thermiques et/ou mécaniques (par exemple traitements thermiques du type recuit haute température, traitements mécaniques du type fraisage de la surface du substrat),
- tout en étant assez faible pour offrir une zone de fragilisation entre les deux couches formant le substrat démontable, de manière à pouvoir disjoindre ces deux couches lorsque cela est désiré (par exemple après que le substrat ait subi les traitements évoqués ci-dessus). On disjoint typiquement les deux couches du substrat démontable par une action mécanique, par exemple par attaque par un objet tel qu'une lame

On rappelle qu'un « collage », dans le domaine du traitement des couches très fines qui est celui de l'invention, correspond à une mise en

contact intime de deux couches, de manière à favoriser l'établissement de liaisons par adhésion moléculaire entre les surfaces accolées des deux couches.

Ces liaisons peuvent typiquement être des liaisons hydrogène, dont on peut favoriser l'apparition par un prétraitement des couches que l'on désire coller.

Ce prétraitement effectué avant collage peut par exemple comprendre un nettoyage consistant à plonger les couches successivement dans :

- au moins un bain basique. Cette étape a pour objectif de développer l'hydrophilie des couches, en créant à la surface desdites couches des liaisons de type OH,
- puis un bain acide, afin d'éliminer de la surface des couches les éléments contaminants (en particulier métalliques) qui ont pu être amenés par les étapes antérieures de traitement des couches (et en particulier par le bain basique).

Le prétraitement peut également mettre en œuvre l'exposition des couches à un plasma par exemple, ou d'autres techniques connues à cet effet.

On précise par ailleurs que l'état de surface des couches à coller est, dans le cas des couches de matériau mises en œuvre pour la fabrication de substrats pour l'électronique, l'optique ou l'optoélectronique, soumis à des spécifications extrêmement sévères.

Il est ainsi courant de trouver des spécifications de rugosité ne devant pas dépasser quelques Angströms en valeur rms (correspondant à l'acronyme anglo-saxon « root mean square »).

On précise que les mesures de rugosité sont généralement effectuées grâce à un microscope à force atomique (AFM selon l'acronyme qui correspond à l'appellation anglo-saxonne de Atomic Force Microscope).

Avec ce type d'appareil, la rugosité est mesurée sur des surfaces balayées par la pointe du microscope AFM, allant de  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  à  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  et plus rarement  $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ , voire  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ .



Et du fait de l'état de surface de ces couches qui est généralement très lisse, le collage des couches est réalisé par simple mise en contact des surfaces des deux couches – cette mise en contact étant éventuellement complétée par une compression de l'ensemble formé par les deux couches.

5       Revenant maintenant au cas particulier des substrats démontables, il est donc connu de réaliser de tels substrats en faisant subir à la surface d'au moins une des deux faces à coller un traitement d'ajustement d'état de surface.

10       Plus précisément, un tel traitement d'ajustement d'état de surface consiste à faire subir à la surface à traiter une gravure dite « humide », c'est à dire à mettre en contact la surface avec un liquide apte à l'attaquer, pour adapter sa rugosité.

Par exemple, la surface à traiter peut être un oxyde, et le liquide de l'acide fluorhydrique.

15       L'oxyde de la surface peut être en particulier un oxyde de silicium. On précise en effet qu'une application préférée mais non limitative de l'invention concerne le traitement de substrats comprenant une couche de matériau semi-conducteur tel que le silicium.

20       Et l'attaque de la surface par le liquide permet de modifier de manière désirée l'état de cette surface – en l'occurrence d'augmenter sa rugosité de manière à amener cette rugosité à un niveau désiré, correspondant à un état de surface qui autorise certes un collage avec une autre couche, mais qui permet de démonter ultérieurement ce collage par une action mécanique.

25       On atteint la rugosité souhaitée (typiquement une rugosité d'une valeur de l'ordre de 5 Angströms rms dans le cas où on cherche à réaliser un substrat démontable) en contrôlant en particulier le temps d'exposition de la surface à traiter au liquide.

30       Ainsi, les techniques connues pour fabriquer des substrats démontables mettent en œuvre l'attaque de la surface d'au moins une couche par un liquide pour augmenter la rugosité de cette surface.

Or, un inconvénient lié à ces techniques connues pour constituer des substrats démontables est que des parties de la couche que l'on souhaite traiter, et qui ne devraient pas être attaquées, peuvent se trouver exposées au liquide.

5 Par conséquence, dans le cas d'une couche dont on ne souhaite traiter qu'une face, la face opposée de la couche peut se trouver assez largement attaquée par le liquide.

Il est certes possible de prévoir des moyens additionnels pour protéger certaines parties de la couche lors de la gravure humide.

10 On peut ainsi prévoir de revêtir ces parties par un élément protecteur, par exemple un vernis.

Mais ceci implique de mettre en œuvre un équipement spécifique et complexe.

De plus, de tels moyens ne permettent pas nécessairement d'éviter à  
15 coup sûr les attaques de liquide sur certaines parties (notamment les parties latérales de la couche).

Et, la mise en œuvre de tels moyens implique des étapes supplémentaires de manipulation des couches, c'est à dire des risques supplémentaires d'endommagement de ces couches (qui peuvent être  
20 extrêmement fragiles, surtout dans le cas de couches minces comme mentionné ci-dessus).

Par ailleurs, dans le cas où on souhaite contrôler la répartition spatiale des régions d'une face de couche dont on désire adapter la rugosité par les techniques connues de gravure humide, il est nécessaire  
25 de prévoir des moyens et un protocole relativement lourds et complexes pour ne graver que les régions désirées de ladite face.

Il est en effet dans ce cas nécessaire de revêtir la face de la couche dont on désire graver certaines régions d'un masque formant un motif spatial qui laisse libres seulement les régions de la couche que l'on désire  
30 graver (masque positif), ou seulement les régions que l'on désire préserver de la gravure (masque négatif).

C'est l'ensemble formé par la couche à graver et son masque qui est exposé à la gravure humide. Il est nécessaire d'enlever ensuite le masque. Ceci est réalisé à l'aide de produits chimiques, et/ou par une exposition à un plasma.

Et de tels moyens d'enlèvement du masque sont susceptibles d'endommager la surface de la couche, et/ou de laisser sur cette surface des contaminants.

De tels contaminants peuvent en particulier être des hydrocarbures issus de la résine ayant formé le masque – de tels hydrocarbures constituent ensuite un obstacle au collage par adhésion moléculaire de la couche, de sorte que la fabrication d'un substrat démontable à partir d'une telle couche est rendue difficile.

Il apparaît ainsi que les solutions connues pour réaliser des substrats démontables comportent des limitations.

Un but de l'invention est de permettre de s'affranchir de ces limitations.

Un autre but de l'invention est de permettre de contrôler précisément l'état de surface (et en particulier la rugosité) de couches que l'on souhaite assembler pour constituer un substrat démontable.

En particulier, il serait souhaitable de pouvoir ajuster finement cet état de surface, en ayant la possibilité d'augmenter ou de réduire sélectivement la rugosité de surface de telles couches.

Un autre but encore de l'invention est de permettre de réaliser un ajustement localisé de la surface d'une couche de matériau semiconducteur, selon un motif spatial déterminé, sans être exposé aux inconvénients mentionnés ci-dessus.

Afin d'atteindre ces buts, l'invention propose un procédé de fabrication de substrats démontables, ledit procédé comprenant un traitement d'ajustement de l'état de surface d'au moins une de deux couches de matériau, suivi du collage réversible des surfaces des deux couches pour constituer le substrat démontable, caractérisé en ce que ledit

traitement d'ajustement d'état de surface comporte un bombardement de la surface à traiter par des amas d'au moins une espèce déterminée.

Des aspects préférés mais non limitatifs du procédé selon l'invention sont les suivantes :

- 5     • les ions bombardés comprennent des espèces inertes chimiquement vis-à-vis de la surface à traiter,
- la couche de matériau dont on souhaite ajuster l'état de surface est en silicium ou en carbure de silicium, et les ions bombardés sont des ions d'argon ou d'azote,
- 10    • lesdits ions comprennent des ions aptes à réagir chimiquement avec le matériau de la surface à traiter,
- le bombardement est réalisé à partir d'un plasma contenant lesdits ions,
- les matériaux de la surface à traiter et l'élément formant le plasma forment un couple parmi les suivants : (Si, SF<sub>6</sub>), (SiC, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, CHF<sub>3</sub>/SF<sub>6</sub>), (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>),
- 15    • le procédé comprend le contrôle du nombre d'ions des amas en vue de l'ajustement de la rugosité de la surface à traiter dans le sens de l'augmentation ou de la diminution de cette surface,
- ledit contrôle est réalisé de manière à lisser ladite surface pour amener sa rugosité à une valeur autorisant un collage par adhésion moléculaire,
- 20    • la surface est une surface de négatif d'un procédé de type SMARTCUT<sup>®</sup> que l'on recycle,
- ledit contrôle du nombre d'ions est réalisé par le contrôle de la pression d'une source d'ions permettant de générer les amas d'ions,
- 25    • le procédé comprend également le contrôle de la tension de bombardement appliquée aux ions,
- on traite sélectivement et localement la surface à traiter en des endroits désirés en dirigeant sélectivement vers les endroits à traiter le faisceau d'amas d'ions, de manière à former sur cette surface un motif selon
- 30    lequel l'état de surface est adapté sélectivement de manière désirée,

- on forme un faisceau focalisé comprenant les ions à bombarder ainsi que des espèces monomères de ces ions, et on dirige la partie du faisceau contenant les amas d'ions vers la couche,
- on contrôle le lieu d'impact dudit faisceau d'amas d'ions sur la couche,
- 5. • on crée à la surface de la couche un motif spatial désiré de rugosité adaptée par rapport au reste de la surface de la couche, et
- on crée à la surface de la couche des motifs de rugosité variable.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante, au vu des formes de réalisation de l'invention, c'est en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma de principe d'une installation permettant de réaliser un bombardement par des amas d'ions,
- Les figures 2a et 2b sont des graphes représentant schématiquement l'évolution de la rugosité d'une surface soumise à un bombardement d'amas d'ions, pour différentes conditions de bombardement,
- 15 • la figure 3 est un histogramme faisant apparaître l'influence de la pression associée à la génération des ions sur le nombre d'ions présents dans les amas (on précise que cet histogramme est issu de l'article « Materials processing by gas cluster ion beams », Materials Science and Engineering, R34, N°6, p244 (2001)),
- 20 • Les figures 4a à 4c illustrent un mode particulier de mise en œuvre de l'invention, dans lequel on traite localement et sélectivement une surface de manière à adapter son état de surface selon un motif désiré,

En référence maintenant à la figure 1, on a représenté schématiquement une installation 10 permettant de bombarder une couche 20 de matériau avec un faisceau 30 d'amas d'ions.

On entend ici par « ions » des ions « purs » eux-mêmes, mais également des espèces formées à partir de plusieurs ions et qui sont chargées électriquement.

30 Et de manière générale, les « amas » dont il va être question ici sont globalement ionisés, c'est-à-dire qu'ils ont une charge électrique différente

de 0. Mais de manière générale, ces amas peuvent comprendre outre des ions d'autres espèces, y compris des molécules.

La couche 20 est en matériau semiconducteur. Comme on va le voir, elle peut être par exemple en silicium ou en carbure de silicium, ou en un autre matériau semiconducteur ( $\text{SiO}_2$  ou  $\text{Si}_3\text{N}_4$  par exemple).

L'installation 10 comprend une source 101 de gaz sous pression, apte à générer un faisceau parallèle d'amas d'ions gazeux à partir d'un plasma interne à la source 101.

On précise que le contrôle des caractéristiques de ce plasma permet de définir la configuration des amas d'ions, plus précisément, le contrôle de la pression du plasma de la source 101 permet de contrôler le nombre moyen d'ions présents dans les amas, comme cela sera détaillé en référence à la figure 3.

Et le contrôle de la tension d'accélération permet de contrôler la vitesse de ces amas.

Le gaz utilisé peut être de l'argon ou de l'azote par exemple.

La couche 20 correspond à une couche dont on souhaite modifier de manière contrôlée l'état de surface pour l'assembler ensuite par collage avec une autre couche (dont on a éventuellement ajusté aussi l'état de surface), de manière à constituer un substrat démontable.

Dans une première variante de l'invention, des amas d'ions tels que mentionnés ci-dessus sont ainsi projetés sur la surface de la couche 20, sans que ce bombardement ne fasse intervenir de réactions chimiques.

On parlera dans ce cas de bombardement purement « balistique », les amas bombardés étant chimiquement inertes par rapport au matériau de la couche 20.

Dans ce cas, les amas bombardés peuvent typiquement être réalisés à partir d'argon ou d'azote.

Dans une autre variante de l'invention, il est possible de bombarder les amas d'ions d'une espèce apte à réagir chimiquement avec le matériau de la couche 20.

On parlera dans ce cas de bombardement réactif.

Et dans ce cas, les ions bombardés peuvent en particulier être de l'oxygène ou un composé d'oxygène.

Dans ce cas mettant en œuvre un bombardement réactif, il est également possible de prévoir en outre un plasma de gravure (différent du plasma de la source 101) dans une zone du dispositif 10 que le faisceau d'ions devra traverser et qui est située dans la région du dispositif 10 qui se trouve immédiatement en amont de la couche 20.

Dans ce cas particulier de mise en œuvre de l'invention qui fait intervenir un plasma de gravure, on peut par exemple prévoir que le matériau de la surface de la couche 20 et l'élément formant ce plasma constituent un couple parmi les suivants : (Si, SF<sub>6</sub>), (SiC, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, CHF<sub>3</sub>/SF<sub>6</sub>), (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>).

Dans ce cas, les amas d'ions formés par la source 101 réagissent chimiquement avec le plasma de gravure.

Et le plasma de gravure lui-même peut également réagir chimiquement avec la surface de la couche, ainsi que les espèces ayant traversé le plasma de gravure avec la couche elle-même.

Revenant à la description de l'installation 10, le faisceau d'ions ainsi généré par la source 101 traverse ensuite une chambre d'accélération 102, qui permet d'accélérer de manière désirée les amas d'ions du faisceau issu de la source 101 grâce à une tension électrique d'accélération à laquelle il est possible d'affecter une valeur désirée.

On précise que dans ce texte la « tension d'accélération » de la source 101 correspond en réalité à la tension d'accélération de cette chambre d'accélération 102.

Ce faisceau traverse ensuite un ensemble électromagnétique 103 de formation de faisceau qui permet d'ajuster les caractéristiques du champ magnétique du faisceau (collimation, focalisation, ...), par application de champs électromagnétiques de caractéristiques désirées.

Le faisceau traverse ensuite un ensemble annulaire d'aimant 104 permettant également de créer un champ de caractéristiques contrôlées, afin de dévier sélectivement les espèces chargées du faisceau d'ions.

On précise en effet que le faisceau issu de la chambre d'accélération 102 et de l'ensemble électromagnétique 103 comprend des amas d'ions de l'espèce bombardée, mais également des molécules qui sont neutres électriquement (en particulier monomères de l'espèce bombardée).

5 La trajectoire des différents éléments de ce faisceau est représentée strictement rectiligne sur la représentation schématique de la figure 1.

En réalité, ces trajectoires ne sont pas rectilignes, le rayon de courbure de la trajectoire dépendant de la masse des ions et des différents éléments du faisceau.

10 Et en contrôlant précisément les caractéristiques du champ magnétique généré par l'ensemble annulaire aimanté 104, il est possible de dévier sélectivement seulement les amas d'ions désirés vers l'ouverture d'un écran 106, les autres constituants du faisceau ne traversant pas cette ouverture et étant arrêtés par l'écran 106.

15 On précise que l'ensemble 103 et l'ensemble 104 peuvent être confondus.

Un ensemble de neutralisation électrique 105 est ensuite prévu.

Un écran 106 pourvu d'une ouverture 1060 est comme on l'a dit disposé de manière à ne laisser passer que la partie du faisceau  
20 comprenant les amas désirés, pour que ceux-ci impactent la couche 20 derrière l'ouverture 1060.

L'écran 106 et son ouverture 1060 sont des parties fixes du dispositif.

Et la partie de faisceau qui traverse cette ouverture pour impacter la  
25 couche 20 correspond à un faisceau focalisé, suite à la traversée des moyens 103.

De la sorte, la couche 20 n'est impactée par le faisceau d'amas d'ions que sur une surface élémentaire de très petites dimensions (la section du faisceau traversant l'ouverture 1060 ayant une largeur de l'ordre  
30 de un ou quelques millimètres).



La couche 20, quant à elle, est montée sur un support mobile 107 dont on contrôle les déplacements dans le plan perpendiculaire au faisceau.

Il est donc possible de définir avec une grande précision un motif de gravure des amas d'ions sur la surface de la couche 20, en déplaçant cette couche selon une trajectoire désirée avec les moyens 107, de sorte que le lieu d'impact des amas d'ions sur la couche 20 décrit un motif spatial désiré. On reviendra sur cet aspect.

Une cage de faraday 108 est située derrière la couche 20 et les moyens de déplacement 107, en regard du point d'impact du faisceau sur la couche 20.

Cette cage de faraday 108 est reliée à des moyens 109 de détermination de la dose d'espèces reçue par la couche 20.

Le bombardement de la couche 20 par des amas d'ions de caractéristiques désirées permet ainsi d'adapter la rugosité de la surface de cette couche, en vue de constituer un substrat démontable.

On remarquera que par rapport aux techniques connues de modification d'état de surface par gravure humide, la technique de bombardement par amas d'ions ne présente pas les inconvénients exposés en introduction du présent texte.

En particulier, aucune « fuite » ou aucune contamination n'est à craindre, car en premier lieu la technique employée ici pour modifier la rugosité de surface de la couche relève des techniques de gravure « sèche », et non humide : on ne met pas ici en contact la couche 20 avec des liquides.

De plus, la technique de bombardement par amas d'ions employée dans le cadre de la présente invention permet comme on l'a dit de contrôler très précisément le lieu d'impact des amas d'ions sur la couche 20.

Ceci est vrai même dans le cas où on ne déplace pas la couche, car le faisceau impactant la couche a comme on l'a dit une section de dimensions très réduites.

Et le fait de procéder à ce bombardement non pas simplement par des ions mais par des amas d'ions permet d'adapter la rugosité de surface de la couche 20 avec une grande liberté.

Plus précisément, il est possible de sélectivement réduire, ou  
5 augmenter, la rugosité de surface de la couche 20.

Il a en effet été observé que selon les caractéristiques du bombardement d'amas d'ions, il était possible d'augmenter ou de réduire cette rugosité.

Plus précisément, en référence à la figure 2a, on a représenté  
10 schématiquement plusieurs courbes C1 à C5 sensiblement rectilignes qui traduisent l'évolution de la rugosité R de la surface de la couche 20, en fonction de l'évolution de la tension V qui est appliquée au faisceau dans la chambre d'accélération 102.

Chacune des courbes de cette figure 2a correspond à une condition  
15 de bombardement dans laquelle les amas d'ions comportent majoritairement un nombre respectif d'ions.

En effet, le contrôle des paramètres du bombardement permet de déterminer le nombre d'ions présents dans les amas bombardés sur la couche 20.

20 On précise que le paramètre essentiel qui contrôle de ce nombre d'ions présents dans les amas est la pression qui règne dans la source d'ions 101.

Ainsi, en contrôlant cette pression de la source 101, on contrôle le nombre d'ions des amas.

25 Ceci est illustré sur l'histogramme de la figure 3.

Cette figure représente en effet plusieurs courbes A1 A2 A3 A4.

Chacune de ces courbes représente la répartition de la taille d'amas d'ions, pour une pression donnée de la source.

La taille des amas est représentée par le nombre d'atomes par amas  
30 (échelle horizontale supérieure), qui varie ici de 0 à 3000 atomes par amas.

La courbe inférieure A1 est associée à une pression de 760 Torr, la courbe A2 à une pression de 2300 Torr, la courbe A3 à une pression de 3000 Torr, la courbe A4 à une pression de 3800 Torr.

On constate que le pic de ces courbes – qui correspond à une valeur de taille d'amas la plus rencontrée pour la pression considérée – se déplace vers des valeurs supérieures lorsque la pression augmente.

On observe donc que le nombre des ions présents dans chaque amas est réparti autour d'un nombre moyen d'ions par amas, nombre moyen que l'on notera N.

Et il est ainsi possible en contrôlant la pression de la source d'ions de contrôler cette valeur de N.

Chaque courbe de la figure 2a. correspond ainsi à une valeur différente de N : la valeur de N croît lorsqu'on change de courbe selon l'ordre C1, C2, C3, C4, C5.

La courbe C1 la plus haute correspond à un bombardement par des ions individuels, c'est-à-dire à des conditions dans lesquelles N est égal à 1.

Dans ces conditions, on observe qu'avec l'augmentation de la tension d'accélération des ions du faisceau, la rugosité de surface de la couche 20 soumise au bombardement des « amas » formés d'un ion unique chacun augmente fortement.

Dans ces conditions de bombardement, les ions individuellement projetés sur la couche provoquent en effet des dégâts importants dans la structure de surface de la couche.

La courbe C2 située immédiatement en dessous de cette première courbe correspond à des conditions de bombardement dans lesquelles N a une valeur supérieure à 1.

On observe dans ce cas que la même augmentation de tension d'accélération ne conduit pas à une augmentation aussi importante de la rugosité de surface, bien que cette rugosité augmente.

La courbe suivante C3 illustre une faible croissance de rugosité pour une même augmentation de la tension V.

Et la courbe C4, qui correspond à des conditions de bombardement dans lesquelles les amas bombardés comprennent un nombre assez important d'ions, illustre une rugosité constante malgré l'augmentation de la tension d'accélération V.

5 Lorsque les amas d'ions comprennent un nombre N d'ions supérieur à un seuil donné, la pente des courbes d'évolution  $R f(V)$  s'annule en effet, sous certaines conditions. Ce seuil est fonction notamment de l'état de surface de départ de la couche, avant le bombardement.

Et lorsque ce nombre N continue à croître, le bombardement a pour  
10 effet non pas d'augmenter la rugosité de surface de la couche 20, mais de la diminuer au contraire en lissant cette surface.

Cet effet est illustré par la courbe C5.

En ajustant les conditions de bombardement – et plus précisément le nombre d'ions présents dans les amas – on peut donc ajuster de manière  
15 désirée l'état de surface de la couche 20 :

- En augmentant plus ou moins la rugosité de surface de cette couche,
- Ou même en diminuant cette rugosité. Ceci sera utile dans les cas où la surface de la couche 20 présente une rugosité élevée au début  
20 du bombardement.

Il apparaît ainsi que deux paramètres définissant les conditions de bombardement ont une influence importante sur le déroulement du procédé :

- La pression associée à la génération des ions permet de contrôler le  
25 nombre d'ions présents dans les amas,
- La tension d'accélération permet de contrôler la vitesse des amas, et a également une influence telle que décrite en référence aux figures 2a et 2b.

On pourra utiliser cet effet en programmant des séquences de  
30 bombardement lors desquelles différentes régions de la couche 20 sont soumises à des bombardements par des amas comportant des nombres

différents d'ions, de manière à adapter sélectivement de manière désirée la rugosité de surface de ces différentes régions.

A ces fins, les moyens de déplacement 107 seront programmés pour déplacer la couche 20 en conjonction avec des changements dans les paramètres permettant de changer la valeur de  $N$ , lors de différentes phases successives d'un même bombardement de la couche.

En référence maintenant à la figure 2b, on a de nouveau représenté l'évolution de la rugosité de surface  $R$  de la couche 20 soumise à un bombardement d'amas d'ions comportant une valeur moyenne  $N$  d'ions qui peut varier (correspondant ici encore à différentes courbes de cette figure), en fonction de la tension d'accélération  $V$ .

On retrouve sur cette figure les courbes  $C1$  à  $C5$  de la figure 2a.

Mais la figure 2b montre également un autre ensemble de courbes  $C'1$  à  $C'5$ , qui évoluent selon la même logique générale que les courbes  $C1$  à  $C5$  (augmentation du nombre  $N$  en décrivant les courbes  $C'1$  à  $C'5$ , pour la même couche 20 de départ et les mêmes ions bombardés).

On constate sur les courbes  $C'1$  à  $C'5$  qu'à la différence des courbes  $C1$  à  $C5$ , l'augmentation du nombre  $N$  ne permet pas d'aboutir à une diminution de la rugosité de surface de la couche 20.

On précise que la courbe  $C'5$  correspond à un nombre  $N$  très important, que l'on peut assimiler à une valeur infinie de  $N$ .

On constate que lorsque l'état de surface de la couche 20 correspond déjà à une rugosité faible (courbes  $C'1$  à  $C'5$ ), il devient impossible de lisser la surface de cette couche en augmentant  $N$ .

Ainsi, partant d'une couche dont la rugosité de surface est relativement importante, il est possible de sélectivement augmenter, ou réduire, cette rugosité.

Une application intéressante en est d'utiliser comme couche 20 des wafers présentant un état de surface incompatible avec le collage par adhésion moléculaire (rugosité supérieure à une valeur de l'ordre de 5 angströms rms), pour traiter certaines régions de ces wafers de manière à les lisser pour amener leur rugosité à une valeur autorisant un tel collage.

On pourra en particulier « recycler » de la sorte les négatifs issus d'un procédé de type SMARTCUT<sup>®</sup> en les réutilisant.

Et toujours dans ce cas, il est possible d'utiliser des couches constituées à partir d'un wafer ayant un état de surface intrinsèque incompatible avec le collage (SiC, III-V). Au lieu de procéder à un polissage complet d'un tel wafer, un bombardement avec des amas comportant un nombre  $N$  d'ions assez important permettra de lisser la surface du wafer.

En outre, ce lissage pourra être contrôlé précisément, que ce soit en termes de la valeur de rugosité finale, ou en termes de création d'un motif spatial présentant des régions plus ou moins lisses en vue d'un collage.

Mais si l'état de surface de départ de la couche 20 est inférieur à un seuil donné  $R_0$  (qui dépend entre autres de la nature du matériau de la couche, et des espèces bombardées), il n'est possible que d'augmenter cette rugosité.

En effet, si le point de départ des courbes  $C'1$  à  $C'5$  était situé sous le seuil  $R_0$  (alors qu'il est situé au niveau de ce seuil sur la figure 2b), il ne serait même pas possible de conserver cette faible rugosité de départ en procédant à un bombardement de la surface : même un bombardement avec une valeur très importante de  $N$  conduirait à une augmentation de la rugosité.

En référence maintenant aux figures 4a à 4c, on a représenté schématiquement des couches 20 ayant subi un bombardement d'amas d'ions tel que décrit ci-dessus, lors duquel la rugosité de certaines régions de la surface de la couche a été modifiée sélectivement.

La figure 4a représente ainsi une couche à la surface de laquelle on a constitué une couronne de rugosité diminuée par rapport au reste de la surface, de manière à obtenir une tenue mécanique supérieure au niveau de cette couronne lorsqu'on assemble la couche 20 avec une autre couche (lisse de manière homogène par exemple).

Grâce à la programmation des moyens de déplacement 107, il est possible de créer à la surface de la couche tout autre motif désiré. Les figures 4b et 4c représentent ainsi respectivement une couche 20 avec un

motif en grille, et avec un motif en pavés de rugosité diminuée par rapport au reste de la surface de la couche.

Et en contrôlant le nombre  $N$  d'ions dans les amas bombardés en conjonction avec le déplacement de la couche 20, il est possible de créer de la sorte tout motif, y compris avec plusieurs niveaux de rugosité répartis sélectivement sur différentes régions désirées de la surface de la couche.

On pourra alors créer des motifs de rugosité variable, pour constituer des substrats démontables dont la répartition de rugosité sur la surface est parfaitement contrôlée.

10 On entend par « motif de rugosité variable » un motif dont différentes zones peuvent présenter des rugosités différentes.

On remarquera que la mise en œuvre de l'invention permet donc de contrôler très finement les niveaux et répartitions de rugosité à la surface d'une couche à partir de laquelle on souhaite constituer un substrat démontable suite au collage réversible par adhésion moléculaire avec une autre couche (dont la rugosité peut avoir été adaptée, si besoin).

On remarquera également que le fait de procéder à un bombardement par amas d'ions ne modifie que la surface de la couche 20, aucun dommage subsurface n'étant occasionné par un tel bombardement.

20 On pourra à cet égard se reporter à l'article « Substrate smoothing using gas cluster ion beam processing » de Allen et al. , Journal of Electronic Materials, Vol. 30, N° 7, 2001.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication de substrats démontables, ledit procédé comprenant un traitement d'ajustement de l'état de surface d'au moins  
5 une de deux couches de matériau (20), suivi du collage réversible des surfaces des deux couches pour constituer le substrat démontable, caractérisé en ce que ledit traitement d'ajustement d'état de surface comporte un bombardement de la surface à traiter par des amas d'ions.
- 10 2. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que les ions bombardés comprennent des espèces inertes chimiquement vis-à-vis de la surface à traiter.
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la  
15 couche de matériau dont on souhaite ajuster l'état de surface est en silicium ou en carbure de silicium, et les ions bombardés sont des ions d'argon ou d'azote.
4. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes caractérisé en  
20 ce que lesdits ions comprennent des ions aptes à réagir chimiquement avec le matériau de la surface à traiter.
5. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que le  
bombardement est réalisé à partir d'un plasma contenant lesdits ions.  
25
6. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes caractérisé  
en ce que les matériaux de la surface à traiter et l'élément formant le  
plasma forment un couple parmi les suivants : (Si, SF<sub>6</sub>), (SiC, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>),  
(SiO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, CHF<sub>3</sub>/SF<sub>6</sub>), (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>).  
30
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce  
que le procédé comprend le contrôle du nombre d'ions des amas en vue



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication de substrats démontables, ledit procédé comprenant un traitement d'ajustement de l'état de surface d'au moins  
5 une de deux couches de matériau (20), suivi du collage réversible des surfaces des deux couches pour constituer le substrat démontable, caractérisé en ce que ledit traitement d'ajustement d'état de surface comporte un bombardement de la surface à traiter par des amas d'ions.
- 10 2. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que les ions bombardés comprennent des espèces inertes chimiquement vis-à-vis de la surface à traiter.
- 15 3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la couche de matériau dont on souhaite ajuster l'état de surface est en silicium ou en carbure de silicium, et les ions bombardés sont des ions d'argon ou d'azote.
- 20 4. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes caractérisé en ce que lesdits ions comprennent des ions aptes à réagir chimiquement avec le matériau de la surface à traiter.
- 25 5. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que le bombardement est réalisé à partir d'un plasma contenant lesdits ions.
- 30 6. Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que les matériaux de la surface à traiter et l'élément formant le plasma forment un couple parmi les suivants : (Si, SF<sub>6</sub>), (SiC, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>), (SiO<sub>2</sub>, CHF<sub>3</sub>/SF<sub>6</sub>), (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>/SF<sub>6</sub>).
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend le contrôle du nombre d'ions des amas en vue

de l'ajustement de la rugosité de la surface à traiter dans le sens de l'augmentation ou de la diminution de cette surface.

8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit  
5 contrôle est réalisé de manière à lisser ladite surface pour amener sa rugosité à une valeur autorisant un collage par adhésion moléculaire.

9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la  
10 surface est une surface de négatif d'un procédé de type SMARTCUT<sup>®</sup> que l'on recycle.

10. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes, caractérisé  
en ce que ledit contrôle du nombre d'ions est réalisé par le contrôle de la pression d'une source d'ions permettant de générer les amas d'ions.

15

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce  
que le procédé comprend également le contrôle de la tension de bombardement appliquée aux ions.

20 12. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que on traite sélectivement et localement la surface à traiter en des endroits désirés en dirigeant sélectivement vers les endroits à traiter le faisceau d'amas d'ions, de manière à former sur cette surface un motif selon lequel l'état de surface est adapté sélectivement de manière  
25 désirée.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce  
que on forme un faisceau focalisé comprenant les ions à bombarder ainsi que des espèces monomères de ces ions, et on dirige la partie du  
30 faisceau contenant les amas d'ions vers la couche.

de l'ajustement de la rugosité de la surface à traiter dans le sens de l'augmentation ou de la diminution de cette surface.

8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit contrôle est réalisé de manière à lisser ladite surface pour amener sa rugosité à une valeur autorisant un collage par adhésion moléculaire.

9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la surface est une surface de négatif d'un procédé de type SMARTCUT<sup>®</sup> que l'on recycle.

10. Procédé selon l'une des trois revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit contrôle du nombre d'ions est réalisé par le contrôle de la pression d'une source d'ions permettant de générer les amas d'ions.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend également le contrôle de la tension de bombardement appliquée aux ions.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que on traite sélectivement et localement la surface à traiter en des endroits désirés en dirigeant sélectivement vers les endroits à traiter le faisceau d'amas d'ions, de manière à former sur cette surface un motif selon lequel l'état de surface est adapté sélectivement de manière désirée.

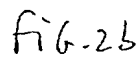
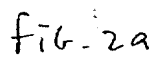
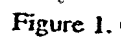
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que on forme un faisceau focalisé comprenant les ions à bombarder ainsi que des espèces monomères de ces ions, et on dirige la partie du faisceau contenant les amas d'ions vers la couche.

14. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que on contrôle le lieu d'impact dudit faisceau d'amas d'ions sur la couche.
- 5 15. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que on crée à la surface de la couche un motif spatial désiré de rugosité adaptée par rapport au reste de la surface de la couche.
- 10 16. Procédé selon la revendication précédente en combinaison avec la revendication 7 caractérisé en ce que on crée à la surface de la couche des motifs de rugosité variable.

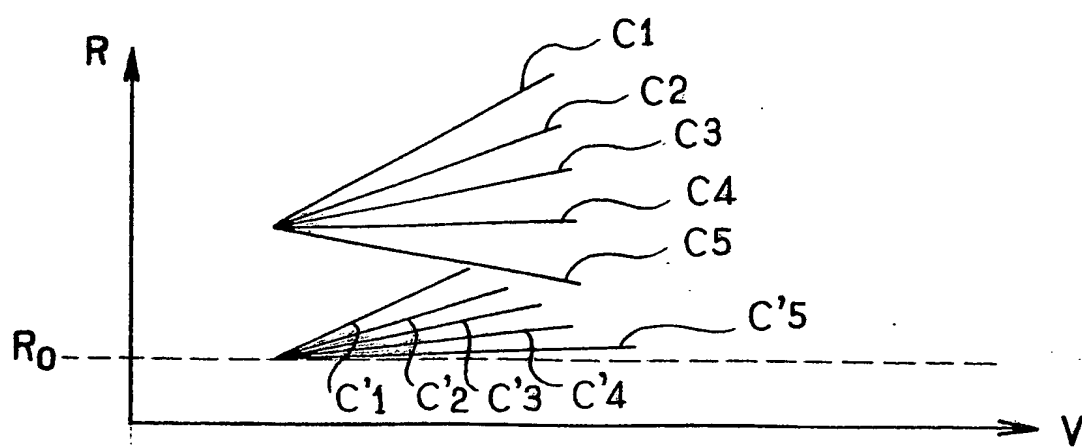
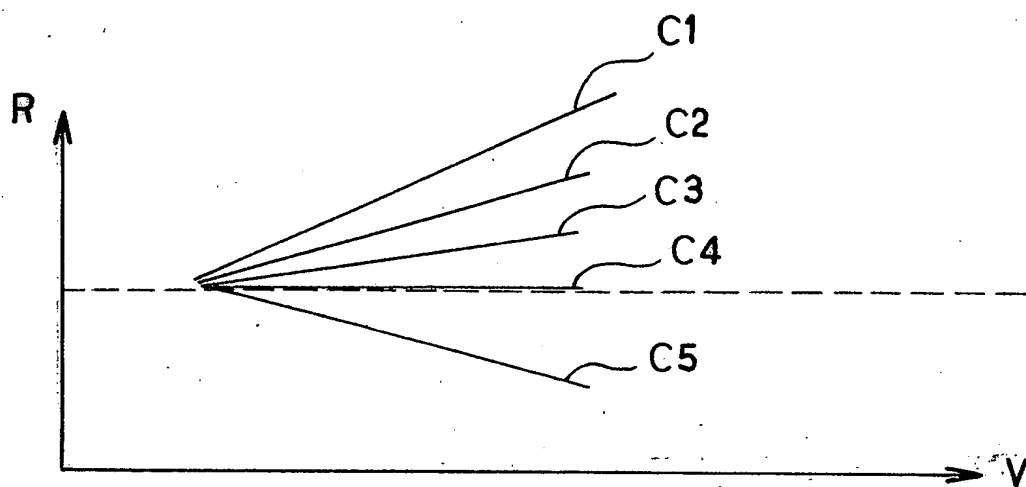
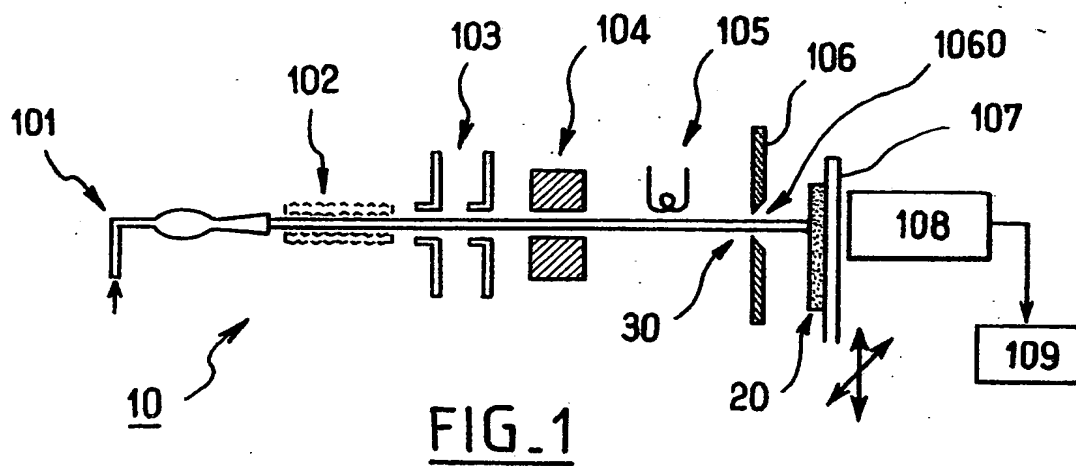
14. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que on contrôle le lieu d'impact dudit faisceau d'amas d'ions sur la couche.

5 15. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que on crée à la surface de la couche un motif spatial désiré de rugosité adaptée par rapport au reste de la surface de la couche.

10 16. Procédé selon la revendication précédente en combinaison avec la revendication 7 caractérisé en ce que on crée à la surface de la couche des motifs de rugosité variable.



1 / 2



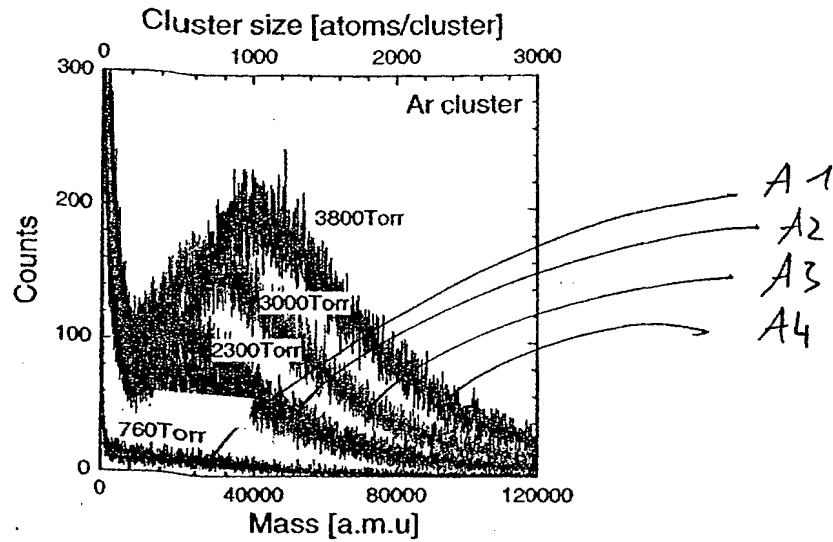


fig.3

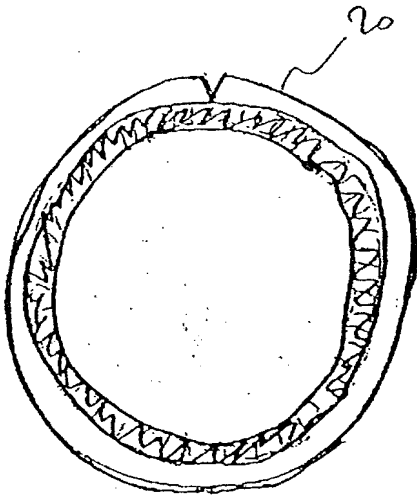


fig.4a

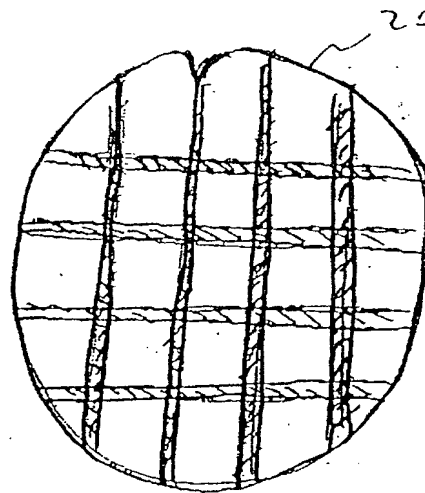


fig.4b

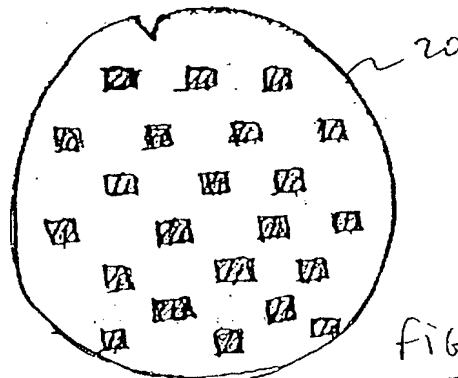


fig.4c



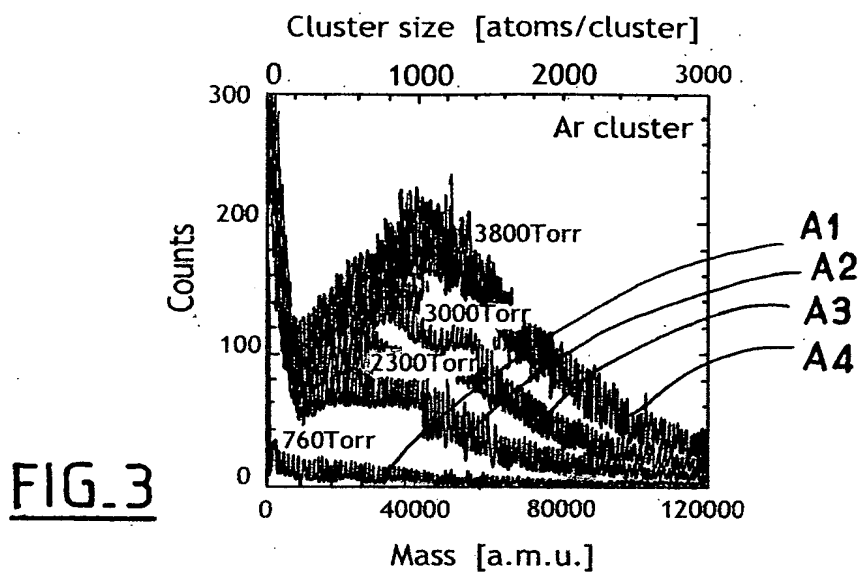


FIG. 3

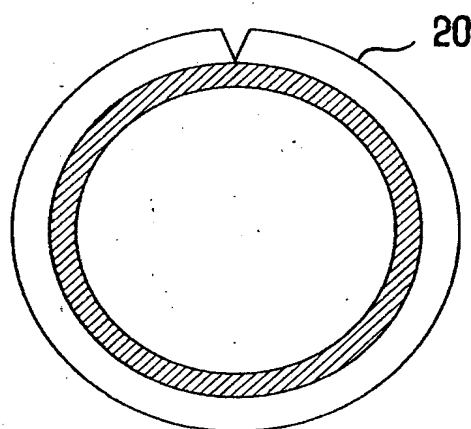


FIG. 4a

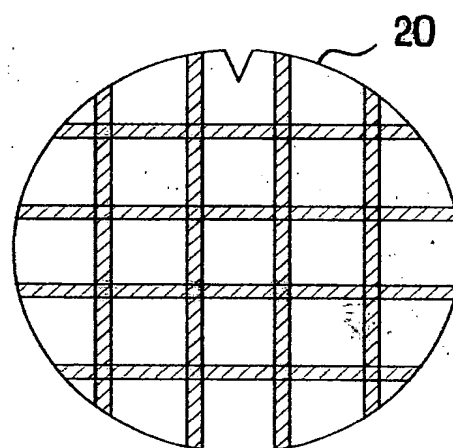


FIG. 4b

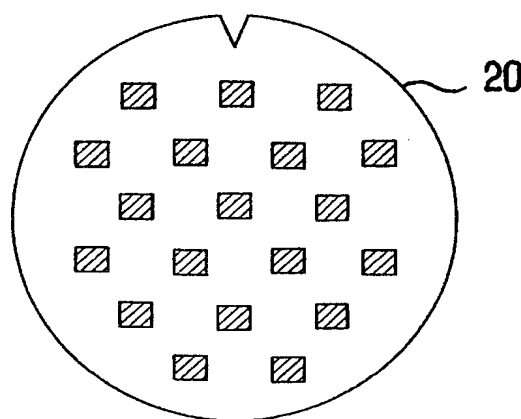


FIG. 4c

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1 / ...

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

**Vos références pour ce dossier**

(facultatif) 239602 D19986 IC

**N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL**

0213582

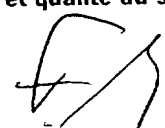
**TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)

PROCEDE DE FABRICATION DE SUBSTRATS DEMONTABLES

**LE(S) DEMANDEUR(S) :**

S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES : Parc Technologique des Fontaines - Chemin des Franques, 38190 BERNIN - FRANCE

**DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :** (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		RAYSSAC Olivier	
Prénoms			
Adresse	Rue	7, Chemin du Chapitre	38100 GRENOBLE
	Code postal et ville	[ ][ ][ ][ ][ ][ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville	[ ][ ][ ][ ][ ][ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville	[ ][ ][ ][ ][ ][ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville	[ ][ ][ ][ ][ ][ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)			
 92-1001			